

ESTUDIO DE LA CORROSIÓN DE MATERIALES EN ATMÓSFERA DE LIMA - MÉTODO ALCAN

Eusebio Dionicio Padilla (*)

Resumen

El presente estudio de la corrosión de materiales en la atmósfera de Lima, se basa sobre el método alambre-tornillo, realizado sobre la línea (postes) de Electro Lima que abarca 60 Km. De Lima costera y 43,5 Km. al interior. Los resultados encontrados del índice de corrosión marina con respecto a la distancia del océano mediante el modelo:

$$X^{1/3} + Y^{1/2} = 5, \text{ donde:}$$

X = distancia del océano en Km.

Y = índice de corrosión Marino

Abstract

Studies of the corrosion behavior of materials in climate exposure sites in Lima, Peru. The test wire-thread it is based on actual exposure at the site of the proposed line (Electro Lima), line beach 60 Km and 43,5 from the ocean.

The results obtained marine corrosivity index (M.C.I.) with respect to distance from the ocean it may be seen that the level of marine corrosivity decreased with distance from the ocean and conformed well to the plot.

$$X^{1/3} + Y^{1/2} = 5, \text{ where}$$

X = distance from the ocean in kilometers

Y = Marine corrosivity index (M.C.I.)

(*) Docente del Departamento Académico de Ingeniería Metalúrgica UNMSM.

I.-INTRODUCCION

El estudio del comportamiento de los materiales de ingeniería a la corrosión en el ambiente atmosférico se basa principalmente en ensayos de exposición directa de los materiales en diferentes puntos o estaciones de un país, donde se mide la velocidad de corrosión. Los diferentes materiales son expuestos en forma de

láminas o alambres. Por tiempos determinados que deben dar un índice promedio de la velocidad de corrosión en la atmósfera. El modelo matemático de la velocidad de corrosión en función del tiempo es propio de cada material.

Los materiales de referencia para la calibración de la corrosividad del ambiente atmosférico que comúnmente se emplea son:

- El acero dulce
- El zinc
- Aluminio puro, y
- Cobre

Los datos de contaminación atmosférico guardan una relación con el comportamiento de corrosión del material existiendo modelos matemáticos provisionales que lo relacionan. Las mediciones climatológicas así como los contaminantes de la atmósfera requieren estaciones permanentes especialmente acondicionadas con equipos e instrumentos de precisión, que en la mayor parte de los países del mundo deben efectuarlo los centros de investigación oficiales. Cabe mencionar que las estaciones de mediciones del comportamiento atmosférico pueden ser numerados como sigue:

- **Estaciones sinópticas.**- estaciones primarios usados en la preparación de los cortes sinópticos para predecir el tiempo y condiciones del clima.
- **Estaciones climáticas.**- estaciones que registran y observan diariamente la temperatura de bulbo húmedo y bulbo seco, máximo y mínimo viento, cantidad de nube, días de lluvia, y el tiempo. También registra visibilidad y días de sol.
- **Estaciones anemográficas.**- estaciones que registran la dirección y velocidad de los vientos.
- Estaciones para el estudio de la polución atmosférica:

Estaciones que registran los tiempos de humectación utilizando equipos detectores de humectación o detectores de rocío.

Que mide el tiempo que fluye la corriente a través de una pila galvánica o una celda electrolítica, en la que el electrolito es la capa de humedad superficial.

Determinación del SO_2 se mide a menudo, por medio de los métodos del peróxido de plomo; el cual determina una concentración media del SO_2 en la atmósfera a lo largo de un extenso período de tiempo (por lo general, un mes).

Determinación de cloruros, existe varios métodos para la captación de cloruros de la atmósfera, entre ellos se puede mencionar el método de la vela húmeda que mide la velocidad de depósito de sal sobre una superficie cilíndrica, conseguida enrollando alrededor de un tubo de vidrio una tira de gasa cuyos extremos se mantendrán sumergidos en agua dentro de un frasco.

El método de hecho consistente en determinar la cantidad de cloruros depositados sobre placas metálicas de diseño especial, expuesto a la atmósfera. Los materiales expuestos dan velocidades de corrosión de los puntos de ensayos y que puedan ser relacionados a un modelo matemático que estará condicionado a los tipos de atmósfera que pueden darse y pueden ser clasificadas en cuatro tipos, que muchos de ellos son mezclas y no presentan una línea de demarcación. Además de los tipos de atmósfera pueden variar con el comportamiento del viento; particularmente donde los contaminantes se concentran.

a) Atmósfera Industrial.- Caracterizado por la composición de contaminantes principalmente los compuestos de azufre (SO_2) que proviene del quemado del carbón, petróleo y otros combustibles el cual es atrapado por la humedad en las partículas de polvo como ácido sulfuroso; éste a su vez es oxidado por un proceso catalítico en las partículas de polvo. Ácido sulfúrico depositándose en gotas microscópicas en las superficies expuestas y también ácido sulfuroso y dióxido de azufre.

El resultado es que los contaminantes en una atmósfera industrial más el rocío o neblina produce una película húmeda ácida altamente corrosivo en las superficies expuestas.

Existen plantas químicas que emiten compuestos que están en la forma de cloro, lo que forma ácido clorhídrico (HCl) que en contacto con los metales la velocidad de corrosión se incrementa, los compuestos de fosfatos y nitratos son menos pronunciados a la corrosión de los metales.

Dentro de la mezcla atmosférica se da el caso de la atmósfera industrial rural.

b) Atmósfera marina.- La característica de la atmósfera marina es la presencia de partículas finas de agua de mar llevado por el viento para depositarse en las superficies expuestas.

La cantidad de sal (cloruros) decrece rápidamente, con la distancia del océano hacia el interior del continente y la influencia de las corrientes del viento juega un papel de importancia. La atmósfera marina también incluye el espacio sobre la superficie del mar donde se produce el reventazón y la pulverización del agua de mar. Algunas zonas de reventazón o salpicadura pueden ser clasificadas como inmersión intermitente. Dentro de la mezcla atmosférica se da el caso de la atmósfera marina industrial y atmósfera marino-rural.

La velocidad de corrosión del acero al carbono en los sitios cercanos y a

diferentes alturas sobre el nivel del suelo en atmósfera marina según el artículo de la revista Materiales de Protección 4 N° 12; 13 (1965) Diciembre es mostrado en la Figura N° 1. Lo cual nos da un índice de que la influencia de la altura en la velocidad de corrosión es pronunciado cerca al océano y a una altura de 12 ft y de 25 ft cuando se aleja del océano.

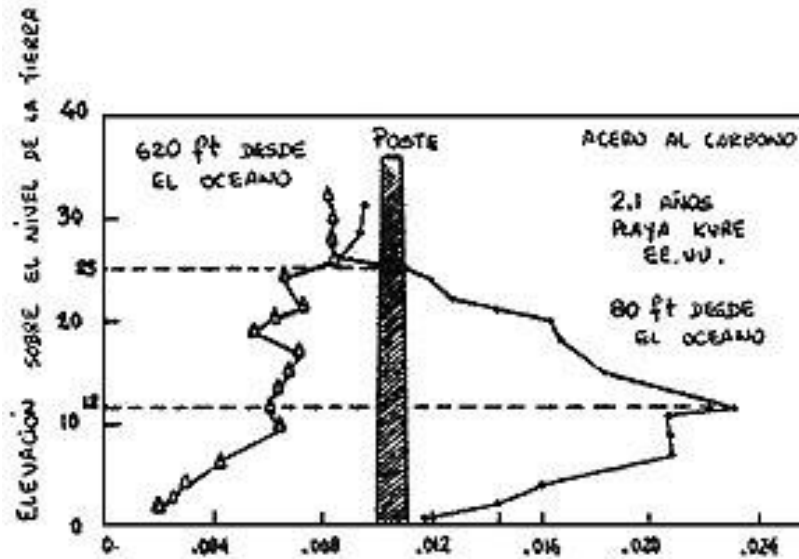


Figura N° 1: Velocidad de corrosión (IFX)

c) Atmósfera rural.- La atmósfera no contiene contaminantes de productos químicos concentrados, pero contienen polvo orgánico e inorgánico. La humedad es el principal constituyente corrosivo y por supuesto las sustancias gaseosas como el oxígeno y el dióxido de carbono (SO_2).

Las zonas áridas o tropicales son casos especiales de atmósfera rural. En climas áridos hay muy poco o nada de llovizna de ahí que posean una alta humedad relativa y condensación al mismo tiempo, lo que producen un ambiente corrosivo. Esta situación se encuentra a lo extenso del desierto de la costa Norte de África.

En los climas tropicales debido a la alta temperatura promedio incluyendo las frecuencias o cielos de altas humedades relativas, intenso sol, condensación durante la noche, permanencia de la humedad en la superficie, produce un ambiente corrosivo.

d) Atmósfera interior cerradas.- Se dan en ambientes cerrados o ventilados que normalmente son considerados muy suave desde el punto de vista de corrosión. Algunas veces puede ser bastante severo en el caso de un ambiente sin ventilación que contenga humos que en presencia de alta temperatura se produce la condensación, lo que provocará una corrosividad elevada en los metales.

II.-PAUTAS PARA LA SELECCIÓN DE LOS LUGARES EN ENSAYO

En principio no existe un modelo que relacione o fije una distribución de los lugares o puntos de prueba para un área determinada; sin embargo cabe enumerar una serie de pautas que pueden establecer los lugares de ensayo y es como sigue:

- a) El estudio preliminar de la polución atmosférica del área de ensayo.
- b) La distribución de los lugares en ensayo basado en distancias equidistantes que abarque el área de ensayo. Por ejemplo en la Ciudad de Madrid - España, se colocaron estaciones de ensayo distribuidos en círculos de 10 kilómetros de diámetro.

En las Islas de Inglaterra los lugares de ensayo abarcaron un área promedio de 10 Km² lo que da una distancia de 3.568 km. disminuyendo esta distancia en zonas de alta polución o de alta densidad en edificios.

- c) La distribución de los lugares de ensayo basado en estadísticas del comportamiento de los materiales así como las frecuencias registrados durante períodos cortos o extensos.
- d) La distribución de los lugares de ensayo utilizando los postes de transmisión eléctrica; por donde corren los conductores eléctricos, para lo cual se utiliza el modelo ALCAN que es expresado por la ecuación

$$X^{1/3} + Y^{1/2} = K, \text{ de donde}$$

X = distancia desde el mar al punto de ensayo, en millas

Y = M.C.I. (índice de corrosión marina)

K = constante

Este modelo se basa en la corrosión del alambre de aluminio puro enrollado sobre el tornillo de acero y que da el comportamiento bimetálico Fe-Al con respecto a la contaminación de los cloruros, los cuales son mayores en las cercanías al mar y disminuyen a medida que se aleja de ella. La ecuación mencionada puede ser ajustado en función de los resultados encontrados durante las pruebas climáticas.

III.-MÉTODOS DE ENSAYO

3.1 Descripción del Método

El ensayo de exposición de las probetas alambre-tornillo. Se basan en enrollar 94 cm de alambre de 0,9 mm de ϕ sobre un tornillo (tipo espárrago) de acuerdo a la Figura N° 2 para luego ser expuesto por tiempos cortos de 90 días en los postes de la línea de transmisión de Electro Lima (Método Alcan) para escoger los materiales a fin de estudiar la atmósfera se ha considerado lo siguiente:

Aluminio (AA-1100) - plástico, refleja los niveles general de corrosividad de la atmósfera. Aluminio - fierro (mild steel) refleja la intensidad de la atmósfera marina.

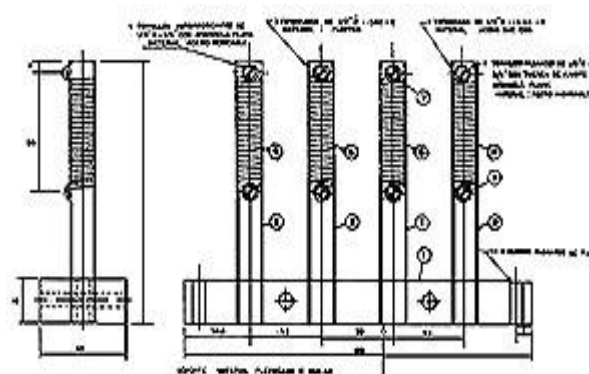


Figura N° 2: Diseño de probetas de Exposición

La pérdida de peso del alambre expresado como un porcentaje del peso original en un periodo de 90 días se da en índice de corrosividad, así Aluminio - Plástico - Índice de Corrosividad atmosférica (A.C.I.), Aluminio - Fierro - Índice de Corrosión Marina (M.C.I.)

3.2 Probetas Ensayadas

Las probetas ensayadas: alambre - tornillo, fueron como sigue:

- Alambre de Aluminio - Tornillo de Fierro
- Alambre de Aluminio - Tornillo de Plástico
- Alambre de Cobre - Tornillo de Plástico
- Acero inoxidable AISI 304 - Tornillo de plástico.

3.3 Lugares de Exposición

Los lugares de exposición fueron los que muestran la Tabla N° 1.

Tabla N° 1: Lugares de Exposición

Localidad	Distanciamiento del Océano Km
Ancón	1.80
Oquendo	0.82
San Miguel	0.80
La Encantada	1.40
Villa el Salvador	4.30
Lurín	2.00
Punta Negra	0.18
Chilca	3.50
Chavarría	7.60
Carabaylo	12.50
Santa Anita	10.75
Huachipa	21.00
Chosica	20.50
Cieneguilla	43.50

IV.-RESULTADOS

Los resultados encontrados en los periodos Junio-Octubre 1981, fueron los que se muestran en la Tabla N° 2.

Tabla N° 2: Resultados Periodo Junio - Octubre 1981

LOCALIDAD	DISTANCIA DEL OCÉANO, KM.	MCI	ACI		
		Al-Fe	Al-Plast.	Cu-Plast.	SS-Plast.
Ancón	1.80	14.6	1.5	1.8	0.08
Oquendo	0.82	13.2	2.8	2.2	0.14
San Miguel	0.80	12.2	1.1	2.2	0.05
La Encantada	1.40	6.3	0.54	2.1	0.03
Villa el Salvador	4.30	11.4	---	---	---
Lurín	2.00	13.7	1.6	2.6	0.03
Punta Negra	0.18	19.5	1.2	2.0	0.02
Chilca	3.50	10.6	1.2	2.6	0.01

Chavarría	7.60	5.8	1.3	0.73	0.03
Carabayllo	12.50	8.2	0.24	0.37	0
Santa Anita	10.75	8.5	0.15	0.35	0.01
Huachipa	21.00	8.6	0.47	0.37	0.01
Chosica	43.50	3.2	0	0.22	0
Cieneguilla	20.50	3.1	0.11	0.26	0

Los resultados encontrados en los periodos Octubre-Enero 1982, fueron los que muestra la Tabla N° 2.

Tabla N° 3: Resultados Periodo Octubre - Enero 1982

LOCALIDAD	DISTANCIA DEL OCÉANO, KM.	MCI	ACI		
		Al-Fe	Al-Plast.	Cu-Plast.	SS-Plast.
Ancón	1.80	9.8	2.5	3.4	0.11
Oquendo	0.82	11.4	3.6	3.9	0.16
San Miguel	0.80	7.5	0.87	1.8	0.02
La Encantada	1.40	5.0	0.57	1.6	0.02
Villa el Salvador	4.30	10.6	0.58	1.3	0.03
Lurín	2.00	8.9	1.8	2.0	0.06
Punta Negra	0.18	17.9	1.6	2.6	0.27
Chilca	3.50	7.0	1.1	2.7	0.07
Chavarría	7.60	2.6	1.3	1.4	0.08
Carabayllo	12.50	7.2	---	---	---
Santa Anita	10.75	4.4	0.55	0.42	0.03
Huachipa	21.00	5.9	0.85	0.57	0.03
Chosica	43.50	2.4	0.81	0.29	0.02
Cieneguilla	20.50	2.1	0.19	0.60	0.02

V.-DISCUSIÓN DE RESULTADOS

1) Los índices de Corrosión Marina (M.C.I.) han sido graficado en función de la distancia al océano observándose que en los meses de Junio-Octubre 1981 el ambiente es más agresivo que en el período Octubre-Enero de 1982.

2) El modelo matemático del comportamiento del aluminio fierro ha sido determinado mediante el gráfico N° 1 habiéndose obtenido $X^{1/3} + Y^{1/2} = 5$, donde

X = distancia del océano en Km.

Y = índice de corrosión marino

3) Una comparación de los materiales aluminio plástico y cobre-plástico indica que la corrosión del aluminio es más resistente que el cobre.

4) El índice de corrosión del acero inoxidable plástico es muy bajo, lo que indica buena resistencia al ambiente.

5) De acuerdo al índice de corrosión marino se puede clasificar el ambiente.

VI.-CONCLUSIONES

De acuerdo a los resultados de las exposiciones de los materiales se puede concluir lo siguiente:

- El modelo matemático de la corrosión alambre de aluminio-ferro sigue la ecuación $X^{1/3} + Y^{1/2} = 5$, siendo

X = distancia del océano en Km.

Y = índice de corrosión marina (M.C.I)

El modelo indica que a medida que nos alejemos del océano disminuye la corrosión.

- Se ha probado que el acero inoxidable es muy resistente a las condiciones más severas del ambiente, lo cual asegura su utilización.

- Los resultados indican que el aluminio/plástico es más resistente a la corrosión que el cobre/plástico sin embargo la utilización del ambiente severo se emplea el cobre y no el aluminio lo que indica que este tipo de ensayo no es adecuado.

VII.-REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. FONTANA, MARS. Corrosion Engineering. Mc. Graww Hill Book Company.
2. NATIONAL ASSOCIATION OF CORROSION ENGINEERING 1985. Basic Corrosion Course nace, Houston, Texas
3. SEMINARIO PREVENCIÓN DE LA CORROSIÓN 1986. Fundación para la Ingeniería Nacional.
4. D.P. Doyle and T.E. Wright a Rapid Method for Predicting adequate service lives for over head conductors in marine atmospheres. Alcan Research and Development Limited Kingston, Ontaaira.
5. Fellia y M. Morcillaa. Estudio de la Corrosión del Acero Dulce, Zinc y Cobre en la Atmósfera de Madrid. CENIN. Vol. 11 (1975). Número 4.